

4. 反発硬度試験の岩石材料への適用 (エコーチップ試験による材料区分の試み)

建設省殿ダム工事事務所 阿南修司

1. はじめに

ダムにおいては所用の品質を持つ材料を大量に使用するため、その運搬と残土処分のコストを最小限にするためには、ダム本体の近傍に原石山を求める必要がある。しかし、事業用地や地質条件の制約から、必ずしも良好でない材料の使用や長距離の材料運搬を選択せざるを得なくなってきた。

このような場合、廃棄岩を極力抑えることがコスト削減のカギとなるため、原石山の調査に当たっては、質的な調査・試験のほか、量的、経済的な調査が必要となり、その精度を向上させることが重要である。

本研究では、岩石材料の有効活用のための技術開発の一環として、原石山の調査精度の向上を目指し、材料区分の指標としての反発硬度の適用性について検討したものである。

2. 反発硬度試験（エコーチップ試験）の基本概念

2. 1 反発硬度

金属材料や鉱物などの均質な材料において、供試体に対して他の物体を落下反発させ、その跳ね返りの大きさを測定する試験が行われている。ここで得られるのが反発硬度と呼ばれるものであり、必ずしも定義や概念がハッキリしているものではないが、均質な材料においては十分な実用性を持つとされている。

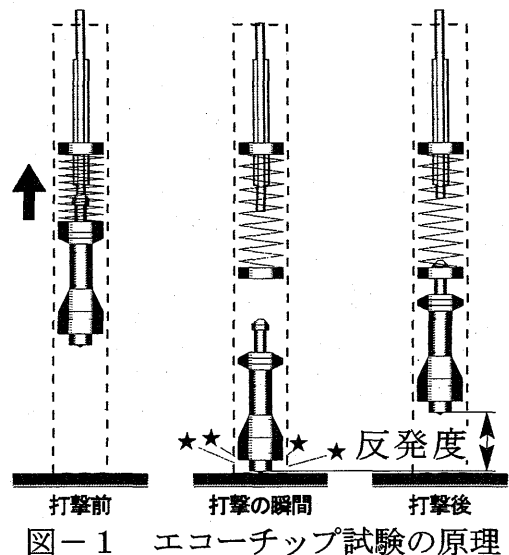
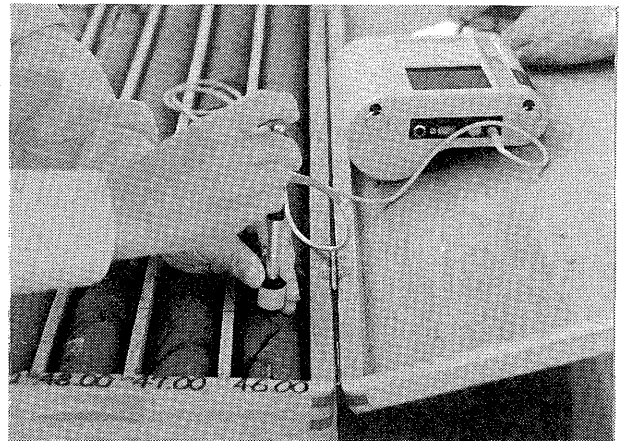
この反発硬度を、岩石の様な不均質な材料に適用する場合、結晶の大きさや組織の不均質さによって、測定値にばらつきが生じることが予測されるが、測定条件に注意し統計的处理を行うことで簡便法として利用が可能であると考えられる。

類似のものとして、軟岩などの岩盤分類に際し、シュミットハンマー試験を適用する試みがなされており、コンクリートの場合には一軸圧縮強度と一定の相関があり、岩石の場合は弾性係数、変形係数との間に比較的良い相関を示すことが知られている。

2. 2 エコーチップ試験の原理と適用性

エコーチップ試験は金属材料などの工業製品の品質検査などに用いられるもので、他の硬度の換算式はあるものの岩石の強度などの相関は明らかではない。

試験の概念図を図-1に示す。図のように、先端にタングステンカーバイドのテスト



チップ(φ2mm)のセットされた衝撃体がバネの力で物体表面を打撃し、その反発速度を電氣的に読みとり定量的に示すものである。

エコーチップ試験は、打撃点が小さいためボーリングコアで試験できること、打撃が弱いので軟弱な岩盤でも試験できること、装置が軽いため可搬性に優れている、データロガーの接続により統計処理が簡単といった利点がある。

このような利点の一方、シュミットハンマーに比べ打撃面(φ2mm)や打撃力(約11Nmm)が小さいため、岩盤としてのある程度の大きさを持った性状を判定できるかどうかは不明であること、鉱物粒子などの影響を受けやすく再現性に疑問があることから、適用に当たってはこれらの点を明かにする必要がある。

2. 3 適用に当たっての確認

試験の実施に先立ち、ボーリングコアを試験に使用する場合のデータの精度を確認するため、測定条件による測定値のばらつきについて試験した。

図-2はコアを置く場所(コンクリート、木材、アスファルト)による測定値のばらつきを確かめた結果である。図のように100点の測定値で比較した場合、平均値では±10以下の差しかなく、おおむね同一の値が得られるものと思われる。しかし、最頻値で比較すると3者の値が異なっていることから、測定に当たっては同一の場所で測定することとした。

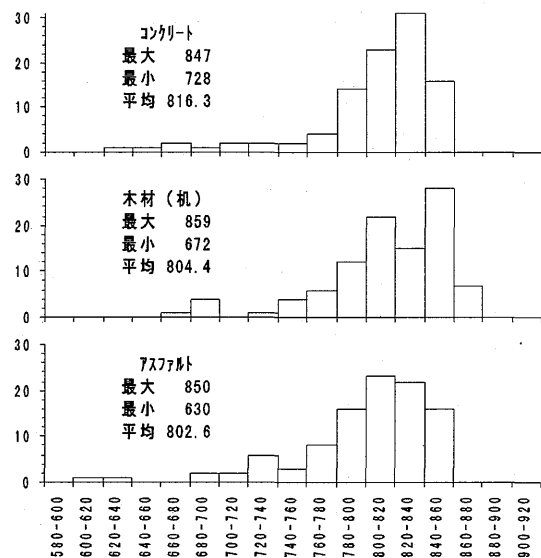


図-2 測定条件(試料台)による誤差

図-3は個人による測定値のばらつきを確かめた結果である。図の左側のグラフのように絶対的な反発度が低い試料については大きく測定値が異なり、その差は測定値の1割近い。しかし、右の反発度の高い試料については、差が20以下であり、おおむね同一の結果と考えることができる程度である。

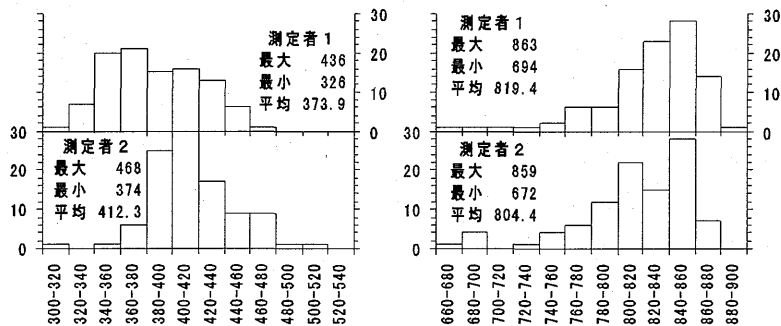


図-3 測定条件(個人差)による誤差

このような差が生じる原因としては、ボーリングコアの表面が曲面であり、装置の固定を手で行っていることによる「ぐらつき」が原因と考えられるが、特に反発度の低い部分で差が大きくなる原因については不明である。このため、データの測定と解析に当たっては、低反発度部分について特に注意が必要である。

3. 材料区分への適用

3. 1 地質概要

今回調査対象としたのは、新第三紀の鳥取層群の輝石安山岩で行った3本のボーリングコアである。この安山岩は調査地点においては、塊状部と変質した自破碎部が数m~十数mの厚さで交互しており、塊状部には見かけ上変質が弱く堅固な部分と、変質して

やや軟質な部分とその程度の差が連続した状態で分布している。このうち塊状部の変質が弱い部分は風化に対する耐久性が十分期待できるため材料として利用可能であるが、塊状部の変質が進んだ部分と自破砕部については耐久性に問題があることがわかっている。

これらのボーリングコアの肉眼観察結果を元に、塊状部、自破砕部それぞれについて、表-1のように①岩の硬軟、②割れ目間隔、③風化の程度の3要素によりH~Wの4段階に区分した。

表-1 調査地域における材料区分

塊状部	H	A	I~III	α
	M			β
	L	B~C	II~III	γ
	W	D	IV	δ
自破砕部	H	存在しない		
	M	B	I~III	$\alpha\sim\beta$
	L	B~C	II~III	γ
	W	D	IV	δ

- ①岩の硬軟
A: 堅硬。ハンマーで強打すると割れる
B: 中硬。ハンマーの軽打で割れる
C: やや軟らかい。ハンマーの軽打で容易に割れる
D: 軟らかい。土砂状
- ②割れ目間隔
I: 15cm以上
II: 5~15cm
III: 5cm以下~角礫状
IV: 土砂状
- ③風化の程度
 α : 割れ目沿いも新鮮
 β : 全体に溶脱や脱色がみられる
 γ : 岩芯まで風化し、全体に変色
 δ : 割れ目が確認できない

3.3 エコーチップ試験結果及び考察

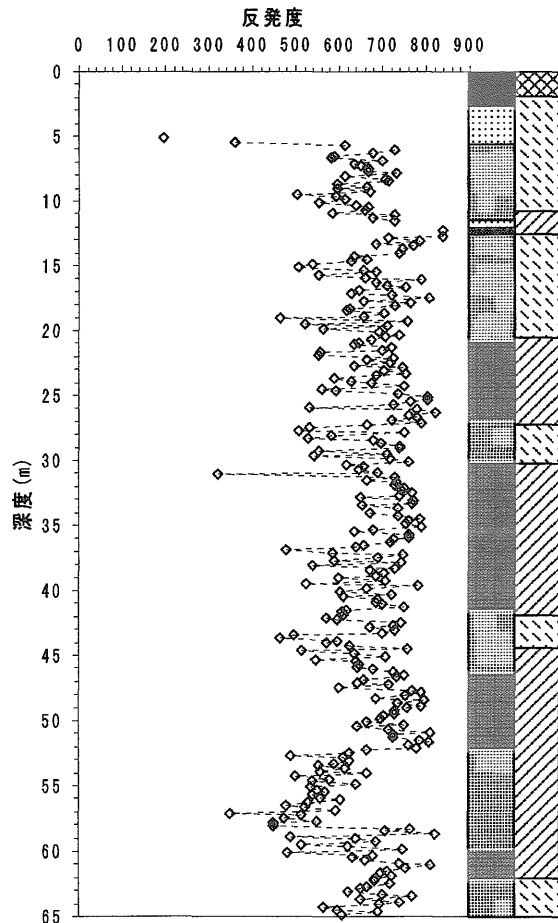


図-4 ボーリングコアの反発度変化

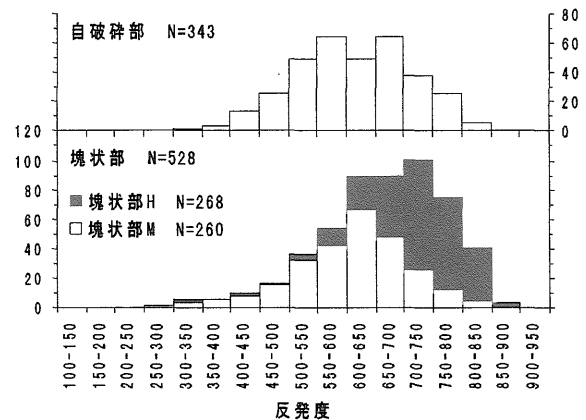


図-5 岩相・材料区分と反発度の関係

反発度の測定は3本のボーリングコア(1=190m)について、20cmおきに871点で実施した。

図-4は代表的コアについて深度方向の反発度の変化と岩相・材料区分を示したものである(図中のAbは自破砕部、Anは塊状部を表す)。図のように同一の岩相、材料区分の中でもある程度の幅をもって分布しており、材料区分の境界付近で大きなギャップが見られる部分がある。しかし、ある部分では前後の区分と連続している場合もあり、反発度のみで明瞭に材料を区別する事

はできない可能性がある。

図-5は自破碎部と塊状部のHとMそれぞれの反発度をヒストグラムで表したものである。図のように、岩相・材料区分ごとの反発度を見ると、反発度に密接に関連すると思われるコア観察での硬さが中硬(B)とされた自破碎部と、堅硬(A)とされた塊状部のMがほぼ同一の分布となっている。一方、同一の岩相である塊状部のHとMは、コア観察で同一の堅硬(A)で区分されているにもかかわらず、明瞭な差がみられ、Mが600、Hが700に明瞭なピークを持っている。これらのことから結果的に、耐久性の良い部分であるHの区分のもののみは、相対的に反発度が高い部分として識別することが可能である。

一方、このようなコア観察と一見矛盾するデータとなった原因としては、自破碎部と塊状部の成因と変質の種類が異なっている可能性が考えられる。つまり、同一の岩種である両者の組織構造あるいは鉱物組成の差が反発度に影響を与えている場合である。もう一つの可能性としては、自破碎部と塊状部の組織の違いがコア観察に影響し、見かけの硬さと反発硬度が異なっていることが考えられる。これらの可能性については岩石学的な再検討を行う必要がある。

以上のようにデータの考え方に問題点はあるものの、材料区分と反発度の間にある程度の相関があり、反発度の高いゾーンは材料として良好なゾーンとして識別できることがわかる。しかしHとMの反発度が重複する部分があることから、反発度単独で材料区分を判別することは困難であり、その他の判別基準との組み合わせが必要である。

4. まとめ

今回、エコーチップ試験を岩石材料の区分の指標として利用可能であるかどうかの検討を行った。その結果、コア観察と測定データに矛盾があるなど問題点はあるが、材料の判別の使用として反発硬度がある程度利用できることが明かとなった。

しかしながら、今回の検討は既存の区分に対し比較を行ったものであり、コア観察の手法や区分の考え方と関連づけるための情報は限られており、今後他の物理量や力学試験値、さらには岩石学的データとの比較を行っていきたい。また、他の岩種のデータの収集やより実用的な適用方法の検討についても、今後行っていきたい。

最後に、本研究を進めるに当たり、鳥取大学工学部3年生の田淵正君と田合昭博君には夏期実習の課題として測定の一部を実施していただいた。また、エコーチップ試験の導入は応用地質(株)より業務の中で提案していただいたものである。ここに記して感謝いたします。